

● 陈宝春 著

钢管混凝土拱桥

(第三版)



Concrete Filled Steel Tubular
Arch Bridges



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



可持续与创新桥梁系列丛书

钢管混凝土拱桥

Concrete Filled Steel Tubular Arch Bridges

(第三版)

陈宝春 著



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书以作者的工程实践与研究为基础,系统总结了我国 20 多年来在钢管混凝土拱桥理论与应用研究方面的成果,在第一版和第二版的基础上,以国家标准《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013)为基础,介绍了钢管混凝土拱桥应用的技术背景,结构体系、构造、计算方法,施工技术,养护等内容。全书共分 6 章。

本书可供桥梁专业设计、施工与管理养护人员参考,亦可作为高等院校土木工程专业高年级本科生、桥隧专业和结构工程专业研究生的教材,也可供组合结构、桥梁结构研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢管混凝土拱桥 / 陈宝春著. — 3 版. — 北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2016.9

(可持续与创新桥梁系列丛书)

ISBN 978-7-114-13061-8

I. ①钢… II. ①陈… III. ①钢管混凝土拱桥 IV.
①U448.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 120981 号

可持续与创新桥梁系列丛书

书 名: 钢管混凝土拱桥(第三版)

著 作 者: 陈宝春

责任编辑: 吴有铭 李 农 李 沛 肖 鹏 闫吉维

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 38

字 数: 1280 千

版 次: 1999 年 9 月第 1 版 2007 年 1 月第 2 版 2016 年 9 月第 3 版

印 次: 2016 年 9 月第 3 版 第 1 次印刷 总计第 4 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13061-8

定 价: 168.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

作者简介

陈宝春,男,1958年4月出生于福建省罗源县。1982年2月福州大学路桥专业毕业后参加广东容奇大桥施工。1986年5月福州大学结构工程硕士研究生毕业后留校任教,2003年获日本九州大学工学博士学位。现为福州大学土木工程学院、可持续与创新桥梁福建省高校工程研究中心(SIBERC)教授、博士生导师。兼任国际拱桥大会永久性学术委员会(Permanent Scientific Committee, International Conference on Arch Bridges, PSC-iCAB)委员和秘书长,国际无伸缩缝桥梁协会(International Association of Jointless Bridges, IAJB)副主席,亚洲混凝土协会(Asia Concrete Federation, ACF)中国团组(筹)负责人, fib 第6.5团组委员,中国钢协理事、钢—混凝土组合结构分会副理事长等。现为《土木工程学报》、《建筑结构学报》、《中国公路学报》、《工程力学》、《Open Journal of Civil Engineering》、《Advanced Concrete Construction》等杂志编委。主要研究方向为拱桥、无缝桥、组合结构、超高性能混凝土桥和空心板桥等。先后主持完成国家自然科学基金项目4项、科技部国际合作项目2项和交通部课题1项;在研国家基金重点项目1项和面上项目2项。主持或参与了河南郑州黄河公路二桥、广东深圳彩虹(北站)大桥等20多项国家重点工程的设计与科研工作。在国内外刊物发表论文200多篇,出版了《钢管混凝土拱桥设计与施工》、《钢管混凝土拱桥(第二版)》、《钢管混凝土拱桥实例集(一)》、《钢管混凝土拱桥实例集(二)》、《钢管混凝土拱桥技术规程与设计应用》、《钢管混凝土拱桥设计计算方法与应用》、《无伸缩缝桥梁》等专著与教材,主编国际会议论文集6本,负责《Bridge Engineering Handbook》第8章“Arch Bridges”的编写。主编国家标准《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013),参编行业标准《公路钢管混凝土拱桥设计规范》(JTG/T D65-06—2015)。拥有国家专利30余项,其中发明专利十余项。获国家科学技术进步奖二等奖1项(参与),省级科学技术奖一等奖2项(主持1项、参与1项)、二等奖6项(主持4项、参与2项),此外还获省级三等奖以及华夏科技奖、公路学会奖二等奖等多项。主编《桥梁工程》教材等,负责福建省精品课程《桥梁工程》建设。2000年获国务院政府津贴,2010年获福建省第六届教学名师称号,2011年获宝钢优秀教师奖。2012年获首届福建省优秀人才和福建省第三届杰出科技人才称号,2016年入选福建省科技创新领军人才。

“可持续与创新桥梁系列丛书”序

我国幅员辽阔,地形复杂,水系发达,桥梁在交通工程中具有极其重要的地位。从古到今,我国桥梁取得了很高的技术成就,为中华民族的发展繁荣提供了重要的基础条件,成为中华灿烂文明的重要组成部分,也为世界桥梁的发展做出了重要的贡献。新中国成立以来,桥梁建设日新月异。改革开放以来,桥梁建设更是成就辉煌。中国已成为世界桥梁大国,并正从桥梁大国向桥梁强国迈进。这些桥梁的建设基本上由中国的工程技术力量完成,充分体现了中国人的聪明才智,闪耀着自力更生、奋发图强的光芒和屹立于世界民族之林的伟大精神。

我国目前仍处于现代化建设的重要时期。在今后相当长的时间内,基础设施建设任务还很艰巨,仍需新建大量的桥梁。交通空间的利用一般遵循先易后难的规律,且随着有限交通空间的利用越来越充分,今后的桥梁建设自然条件将更加复杂与困难,工程造价将急剧上升,资源、能源耗费及对环境的影响可能更大。因此,应加强新材料、新结构、新技术的研发及创新活动,强调节能、环保与低碳等可持续发展的理念,全面推进桥梁工程科学技术的进步,促进基础设施建设和社会经济建设的健康、协调和可持续发展。

与此同时,随着越来越多的桥梁投入使用,并伴随着桥龄的增长,在气候、环境等自然因素的作用以及一些不可预测的自然破坏力作用下,不少桥梁的老化和功能退化已呈现加速的趋势;且随着社会对交通运输能力要求的不断提高,荷载等级、交通流量、行车速度等也必然提高,再加上我国超载车辆的问题长期没有得到解决,如何保证桥梁的安全、耐久、全寿命服务品质,是摆在我们面前的重要问题。

可持续与创新是当今国际土木工程领域的发展趋势,越来越受到关注与重视。欧盟在 Erasmus Mundus 计划中推出了“*Innovation in Design, Rehabilitation and Control of Structures*”(结构设计、修复与控制的创新)联合培养硕士的项目;葡萄牙的 Minho 大学与 Coimbra 大学联合成立了“*Institute for the Sustainability and Innovation of Structural Engineering*”(结构工程可持续与创新学院);以可持续与创新为主题的国际会议不断举办,如 *International Symposium on Innovation and Sustainability of Structures in Civil Engineering*(土木工程结构创新与可持续国际学术研讨会)的系列会议。在桥梁工程方面,国际桥梁与结构工程协会(IABSE)分别于 1996 年和 2002 年颁布了两份重要文件,即《国际桥梁与结构协会可持续发展宣言》和《结构工程实

践中的道德准则》。此外,2004年 IABSE 还在其会刊《国际结构工程》上刊登了题为《可持续工程——付诸实践》的系列文章。

随着国际交往的不断增多和经济社会发展的内在要求,在我国的桥梁工程等领域,可持续与创新理念已引起关注,然而由于大规模建设时间紧、任务重、人才缺乏,大量技术人员的时间与精力主要集中于完成现有的任务,对可持续与创新的研究与实践还没有深入地展开,也没有专门以此为主题的研发机构,远不能满足我国桥梁建设与使用管理的要求,也落后于发达国家的水平。

为此,福州大学以桥梁工程研究所为基础,以国家“外专千人计划”专家 Bruno Briseghella 教授为负责人,以陈宝春、吴庆雄领导的“大跨度拱桥新技术”省级科研创新团队为主要力量,成立了“可持续与创新桥梁福建省高校工程研究中心”(Sustainable and Innovative Bridges—Engineering Research Center,简称 SIBERC,赛博克)。中心通过引进国外知名的专家学者研究团队,进行国外人才与国内科研骨干的融合和交流;以国际上“可持续与创新”的新理念,联合国内外企业实体,建立协同创新体制与机制,结合我国的实际情况,开展桥梁工程新技术、新结构、新材料的创新研发与应用推广。中心目前主要的研究方向有桥梁概念设计,无伸缩缝桥梁,拱桥与组合桥梁,超高性能混凝土在桥梁中的应用,桥梁防震减灾,中小跨径桥梁合理构造形式,既有桥梁的评估、养护、维修与加固等。

中心计划将相应的研究成果和相关的学术交流与教材,以“可持续与创新桥梁系列丛书”的形式,在人民交通出版社股份有限公司出版,形成品牌图书,努力为提升我国桥梁工程可持续发展与创新水平做出贡献。

可持续与创新桥梁福建省高校工程研究中心(SIBERC)

2013年6月18日

钢管混凝土拱桥在我国诞生 20 多年来,修建了 400 余座,分布在公路、城市道路、铁路上,跨径已经超过 500m,可望在不久的将来达到 700m,这是桥梁发展史上的奇迹。究其原因,钢管混凝土拱桥除具备优越的拱结构力学性能外,也是一个最佳的钢—混组合结构。钢管因管内混凝土的支撑,提高了抗局部屈曲能力,混凝土因钢管的套箍作用,增大了韧性和强度。因此,钢管混凝土拱桥较之钢拱桥用钢量少,刚度大,施工方便,造价低,尤其适合占我国国土面积 69% 的山区。跨越地基好的山谷时,钢管混凝土拱桥可替代跨径大得多的悬索桥、斜拉桥,经济价值更为凸显。近几年,高速铁路在我国兴起。5 年来,高速铁路上建成和在建的跨径超过 300m、以钢管混凝土作劲性骨架的混凝土拱桥有 6 座。高速铁路对特大跨径混凝土拱桥的强烈需求,必将推动钢管混凝土拱桥的发展。

经过 20 多年大规模建桥实践及研究,特别是“大型钢管混凝土结构管内混凝土真空辅助灌注方法”等一批具有我国自主知识产权的技术研究成功,钢管混凝土拱桥设计理论、施工工艺日趋完善,工程质量提高,施工风险降低。但是,其发展是不平衡的,这一时期也出现了一些质量差的钢管混凝土拱桥。因此,急需对钢管混凝土拱桥建造技术进行总结提高。

福州大学陈宝春教授 20 多年来潜心研究钢管混凝土拱桥,先后编著了《钢管混凝土拱桥》第一版、第二版,主编了国家标准《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013)。在总结《钢管混凝土拱桥》第二版出版以来钢管混凝土拱桥设计、施工、养护方面的新经验的基础上,吸收了新的科研成果,结合国家标准《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013),编写了《钢管混凝土拱桥》第三版。本书无疑是桥梁从业人员的重要参考书,亦可供桥梁专业师生学习,我在此隆重推荐。

郑皆连

2016 年 3 月 27 日

钢管混凝土拱桥在我国走过了 20 多年的发展历程,初步形成设计计算理论体系,积累了丰富的工程经验。在工程应用方面,据我们的跟踪统计分析,新建的钢管混凝土拱桥数量持续增加,跨径不断增大,目前跨径最大的四川合川长江一桥(波司登大桥)净跨径超过 500m(计算跨径 530m),技术也在不断进步。截至 2015 年 1 月,我们收集到已建和在建跨径不小于 50m 的钢管混凝土拱桥 413 座。

在长期研究与应用的基础上,通过大量的调查研究和充分吸收国内外有关的研究成果与工程实践经验,并参考了有关标准规范,福州大学和中建海峡建设发展有限公司会同有关单位编制了国家标准《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013)。该标准已于 2014 年 6 月 1 日起在全国实施。行业标准《公路钢管混凝土拱桥设计规范》(JTG/T D65-06—2015)也于 2015 年底颁布实施。

本书是在《钢管混凝土拱桥》第二版基础上,经过全面修订而成的。《钢管混凝土拱桥》第二版撰写时,钢管混凝土拱桥计算理论体系尚未形成,缺乏相应的标准与规范,所以对各种钢管混凝土构件的计算方法、钢管混凝土结构的受力特点研究进行了较详细的介绍。第三版则以《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013)为主要依据,部分参考了《公路钢管混凝土拱桥设计规范》(JTG/T D65-06—2015),删除或简化了第二版中对各种计算方法和钢管混凝土结构的受力特点研究的详细内容,全书简洁流畅、重点突出、实用性更强。全书共 6 章,主要内容有概述、结构体系、构造、设计计算、施工、养护等。有关本版的具体修改,见第一章第五节的介绍。

本书从 1999 年第一版、2007 年第二版到现在的第三版,在撰写过程中得到国内外同行、所在单位、团队成员的大力支持与帮助,在此深表谢意。希望大家继续支持,多提意见与建议,以便在将来适当的时候再行修订。

本书编写时除参考了书后所列文献外,还参考了国家标准《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013)以及各参编单位提供的相关材料和专题研究报告,书中还采用了交通运输部公路科学研究院孙晓红等人提供的许多照片。韦建刚、刘君平参与了部分章节的编写。四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院牟廷敏,广西壮族自治区公路桥梁工程总公司陈光

辉、韩玉,武船重型工程有限公司阮家顺,柳州欧维姆机械股份有限公司龙跃、朱元,福州大学赵秋等对本书的初稿提出了宝贵的意见与建议并进行了相应的修改。作者特别感谢郑皆连院士在百忙之中审阅了全书,提出了宝贵的意见,并为本书作序。此外,周俊、黄聪燕等同学为本书做了细致的资料收集整理与绘图等工作。本书是人民交通出版社股份有限公司“可持续与创新桥梁系列丛书”的第二本,责任编辑吴有铭、李农等为本书出版付出了辛勤的劳动,在此表示衷心的感谢。

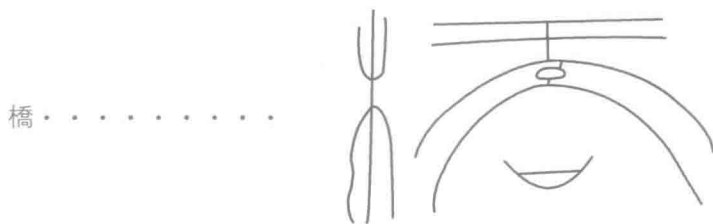
作 者

二〇一六年三月

于福州大学旗山校区

拱是曲线中最优美的线形,无处不在,人见人爱。

亚洲与欧洲都是较早修建石拱桥的地域,中国文字“桥”即是“木”与“拱”象形复合而成。繁体字“橋”可复原为*:



在工业革命前后,欧洲石拱桥逐步被铸铁拱桥、钢拱桥所替代,已很少修建石拱桥。中国由于封建社会霸治太久,工业发展滞后,故在石拱桥的不断建造中创造了多种形式,如敞肩拱、薄型半圆拱、陡型拱等等,可谓拱桥之国。在2000年还建成了主跨146m的全空腹变截面石拱桥,为世界之最。而百米以上的石拱桥也有16座,亦可谓世界之最。

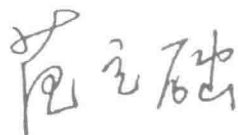
随着我国社会主义现代化建设的突飞猛进,全国高速公路、城市交通线路都已蛛网密布,桥梁建设日新月异,已取得辉煌的发展。虽早期在国外有少量小跨径钢管混凝土拱桥的修建经验,但其设计意图各有不同。我国钢管混凝土拱桥大量修建的发展过程,体现了国家发展、自主创新、民族振兴的无畏精神,跨径已从早期的百米左右,向现在的大跨五百米以上冲击。

钢管混凝土拱桥现已跻身大跨度桥梁的建设行列,从跨河、跨江进入了跨海的桥梁建设方案中。这就必然要对该种桥型的设计理论,结构的静、动力性能,多灾害防治能力,以及大桥的安全性、耐久性、可靠性和可持续发展——都必须提高到结构全寿命理念上——做深入的理论与实验研究。

钢管混凝土拱桥的发展应归功于许多学者的研究成果、工程建设者的实践贡献。陈宝春

*“橋”字象形左为树也,右则上端形如桥栏杆,中间曲线部分如拱,中有□象形为拱冠,在拱的下方则为一小船也。

教授就是其中一位,他领导研究组奋战至今,坚持不懈,不断探索,总结以往经验,提出新的课题,联系实际工程不断创新,实属不易。欣然为之作序,向读者郑重推荐一本好书。



二〇〇五年十月十二日于福州

第二版前言

《钢管混凝土拱桥设计与施工》(第一版)一书是在国内钢管混凝土拱桥应用发展很快,但相关资料缺乏的情况下于1999年出版的。受当时的研究水平与作者个人水平的限制,加上时间仓促,书中有许多不尽人意之处。该书第一次印刷4000册,很快就销售一空,在不到数月的时间内又第二次印刷了4000册,所以没有足够的时间进行修订。该书出版以来,钢管混凝土拱桥的应用与研究都有了很大的发展,但该书至今仍为钢管混凝土拱桥的主要参考书。对此,作者深感不安,因此自2003年就着手进行该书的修改再版工作,经过3年多的努力,现在终于告一段落。

在本书第二版中,主要有以下几个重大改动:

(1)用钢管混凝土作为劲性骨架修建的钢筋混凝土拱桥,虽然也与钢管混凝土有关,但还涉及钢筋混凝土拱桥的内容,且这种桥型目前修建得较少,已修建的典型桥例为万县长江大桥(主跨420m箱拱)和邕宁邕江大桥(主跨312m箱肋拱),其中万县长江大桥已有专著论述。所以,第二版中所指的钢管混凝土拱桥不再包含采用钢管混凝土作为劲性骨架的钢筋混凝土拱桥,个别地方涉及的将单独指出。

(2)由于钢管混凝土拱桥近年来在耐久与安全方面暴露出来一些问题,并出于对桥梁可持续发展的关注,书中增加了“基于全寿命理念的建设与管养”一章。

(3)将钢管混凝土拱桥设计理论研究成果与现有工程应用中的设计计算方法分开叙述,理论研究成果集中到全书的最后3章,便于不同读者根据不同阅读需要进行选择。

(4)将钢管混凝土构件几何性质、钢管混凝土拱桥一览表等作为附录附于正文后,使正文更加简洁。

第二版全书共分十二章,大致上每三章成一个版块。第一章至第三章主要介绍钢管混凝土拱桥应用的理论与技术基础,包括拱桥的发展简史、发展方向,钢管桥梁结构、钢管混凝土结构与构件的基本知识。第四章至第六章主要介绍钢管混凝土拱桥的设计,包括结构体系、构造与设计计算。第七章至第九章主要介绍施工技术和基于全寿命理念的建设与管理养护。第十章至第十二章主要介绍钢管混凝土拱桥的设计计算理论的研究成果,包括钢管混凝土拱桥的极限承载力、静力性能与动力性能。

第一章“拱桥发展概论”,以大量的桥例与图片介绍了国内外拱桥的发展简史和发展方向,尤其突出了近年来国外在大跨度钢筋混凝土拱桥方面的研究成果,并对我国拱桥的造型与结构的异化进行了评述,这些都是第二版新加的内容。本章还对钢管混凝土拱桥在国内外的的发展进行了总体性的介绍。

第二章“钢管桥梁结构”也是第二版新加的内容。钢管混凝土拱桥在管内混凝土强度形成之前无论结构的制作、施工还是受力都属于钢管结构,成桥以后对于桁式拱肋也还具有管结构的受力特点,因此,对钢管结构的了解,是进行钢管混凝土拱桥设计与施工所必需的基础知识。

第三章“钢管混凝土结构应用与构件计算”在第一版第一章与第二章合并的基础上,加入了近年的研究成果,在介绍基本计算理论与方法方面,增加了国外的有关规程与国内的部分地方规程。

第四章“钢管混凝土拱桥结构体系”与第五章“钢管混凝土拱桥构造”由第一版的第三章“钢管混凝土拱桥结构与构造”扩充修改而成。

第四章结构体系着重从拱桥的纵向受力性能方面来介绍。按上承式有推力拱、中承式有推力拱、下承式拱梁组合桥、下承式刚架系杆拱、中承式刚架系杆拱(五大类)加上其他类型共六大类进行介绍。对五大桥型均根据现有的应用情况进行了主要参数的统计分析,对结构的受力特点与构造特点进行了介绍,并给出了典型桥例的简介。这一章的内容对进行结构的总体设计具有重要的参考价值。

第五章的构造内容在第四章结构体系介绍的基础上,从主拱肋(圈)构造、横向构造、桥道系结构与构造、立柱吊杆与系杆等方面介绍了钢管混凝土拱桥的构造,并增加了细部构造一节。本章大量吸收了近年来在构造方面的技术成果,通过图例与照片进行介绍。

第六章“钢管混凝土拱桥设计计算”以《钢管混凝土拱桥设计规范》(报批稿)为主要依据,对钢管混凝土拱桥的计算与验算的方法、内容进行了介绍。

第七章“钢管拱肋制作与管内混凝土施工”与第八章“钢管混凝土拱桥架设”是对第一版第七章、第八章的修改与补充,主要参考了《钢管混凝土拱桥施工技术规范》(报批稿),增加了拱桥架设方法的国外资料和近年来的技术发展、实际经验与桥例。

第七章从钢管混凝土拱肋的钢管拱肋制作与管内混凝土两个方面介绍其施工技术。对于钢管拱肋制作,主要介绍拱肋的组拼和焊接,关于钢管制作的内容已在第二章中介绍,这一章不再重复。管内混凝土的施工主要介绍管内混凝土的制备与泵送和质量检查。

第八章一开始介绍了桥梁施工方法,尤其是拱桥的施工方法,其中出现了大量的国外拱桥施工的资料与图片,对我国拱桥施工架设方法具有重要的参考价值。在此基础上,着重对钢管混凝土拱桥中常用的斜拉悬臂缆索吊装方法和转体施工方法进行了介绍。此外,与第一版相比,增加了吊杆与系杆的施工、施工计算与施工控制的内容。



第九章“基于全寿命理念的建设与管养”是这一版新增的内容。主要介绍了桥梁全寿命理念、钢管混凝土拱桥从全寿命理念出发在设计中应注意的问题、钢管结构的防腐设计与施工、桥梁静动载试验、施工过程的监测监控和使用管理与维修养护等。

第十章至第十二章是在第一版第五章和第六章部分内容的基础上根据近几年的研究成果扩充修改而成的。第十章“钢管混凝土拱桥使用状态下的静力性能”和第十一章“钢管混凝土拱桥的强度与稳定”是在第一版第五章中有关静力受力性能的基础上,大量吸收近年来钢管混凝土拱桥方面的理论研究成果扩充修改而成。这两章内容密切相关,第十一章中的强度与稳定实际上也是静力性能的一个方面,而在第十章的静力性能中的初应力、混凝土收缩徐变等内容也涉及极限承载能力的问题,但由于放在一章中篇幅太大,所以分两章来写。

第十章主要介绍了钢管混凝土拱桥在使用状态下的静力受力性能、温度特性、混凝土收缩徐变问题、拱肋刚度计算取值、挠度限值与振动限制问题、局部应力和钢管混凝土节点疲劳问题等。其中,后四节的内容是此次再版中新增加的。

第十一章首先对梁柱的强度与稳定问题作了简要的叙述,作为拱结构强度与稳定分析的基础。接着,介绍了对钢管混凝土拱桥中常用的哑铃形拱肋、桁式拱肋的构件已进行的试验研究成果。随后,从面内受力和空间受力两方面对钢管混凝土拱的强度与稳定的研究成果进行介绍。面内受力主要介绍试验研究、有限元分析方法及实用算法。空间受力则侧重于稳定极限承载力的试验研究、有限元分析方法和空间弹性一类稳定分析、横向结构影响等。本章有些成果还尚未在学术刊物上发表。

第十二章以第一版第五章中有关动力性能的内容为基础,吸收了近年来的研究成果,对钢管混凝土拱桥的基本动力特性、抗震性能、抗风性能和车振性能等进行了介绍。

由于这一版中除设计与施工内容外,还包括了基于全寿命理念的建设与管养内容,以及大量的设计计算理论研究内容,因此,这一版的书名由原来的《钢管混凝土拱桥设计与施工》改为《钢管混凝土拱桥》,使书名更加贴切,但它与第一版书存在着不可分割的联系,并不是一本新写的书,因此仍称之为第二版。

自本书第一版出版以来,作者和研究小组成员在钢管混凝土拱桥的应用与理论研究方面继续努力地工作。主持完成了国家自然科学基金项目“钢管混凝土拱桥抗震理论研究”、福建省重点科技项目“316 国道福建闽清石潭溪大跨度钢管混凝土拱桥试验研究”、福建省自然科学基金项目“钢管与钢管混凝土复合拱桥受力性能研究”等多项纵向科研项目。参加编写的交通部《钢管混凝土拱桥施工技术规范》完成了报批稿,参加的交通部西部交通建设科技项目“钢管混凝土拱桥设计、施工及养护关键技术研究”进展顺利。参与完成了多个以实际桥梁和深圳北站大桥、郑州黄河公路二桥、广东东莞水道大桥、福鼎山前大桥等为背景的研究项目,获省部级科技奖励 3 项。目前正在主持的福建省基础性研究计划重大项目“钢管混凝土拱桥设计理论关键技术研究”即将顺利完成,2005 年又承担了国家自然科学基金项目“钢管混凝土格

构柱受力性能研究”。在开展研究的同时,我们还负责设计了福建省福鼎山前大桥、新桐山大桥、泉州和昌大桥、百崎湖大桥等多座钢管混凝土拱桥,参加了郑州黄河公路二桥、广东东莞水道大桥、大汾北大桥等钢管混凝土拱桥的设计。此外,作者还参与了国内众多钢管混凝土拱桥设计施工的咨询工作和福建省漳州西洋坪大桥等钢管混凝土拱桥的设计审查工作。以上这些研究与实践,都为此次再版提供了坚实的理论基础与实践经验。在这些工作过程中得到了许多前辈、专家和同行的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本书的顺利再版是作者所在研究小组集体努力的结果,也是福州大学桥梁工程、结构工程近几年来学科发展的成果之一。孙潮、韦建刚、吴庆雄、彭桂瀚、陈友杰等老师和博士生黄福云、黄文金、欧智菁、盛叶、黄卿维、高婧、刘振宇及硕士生杨亚林等参加了本书部分章节的编写工作。高婧、柯婷娴等同学为本书的编辑付出了辛勤的劳动。本书的再版工作也得到许多同行的鼎力相助,尤其应该感谢的是清华大学的韩林海教授,他为本书第三章提供了钢管混凝土结构应用的资料与照片;西南交通大学的范文理教授,他为第二章、第七章和第十一章的部分章节提出了宝贵的修改意见。特别令作者感动的是范立础院士,他在百忙之中审阅了全书,提出了宝贵的意见,并为本书的第二版作序。人民交通出版社吴有铭编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动。作者的妻子陈海燕女士对作者编写此书给予了大力的支持。此外,本书中大量照片除一部分为作者自拍外,国外桥梁照片有相当部分是由西班牙 Leonardo Fernandez Troyano 先生提供的,国内桥梁照片则有相当部分是由作者众多的桥梁界朋友提供的,在此一并表示衷心的感谢。

由于钢管混凝土拱桥无论是在应用还是在理论研究方面,都还在不断的发展过程之中,给本书的再版修改带来了很大的困难。在修改过程中,作者想尽可能多地反映最新的成果、使第二版更加完善,但不断有新的材料出现,以至于很难有完稿的时候。为使该书第二版的出版不再拖下去,本书的参考资料截至 2006 年 3 月。因此,第二版交稿后可能相隔不了多久又要考虑第三版的问题了。希望在第三版时,技术已经比较成熟。为此,敬请大家对本书的第二版提出意见与建议,以便第三版时修改。

作 者

二〇〇六年七月

于福州大学土木工程学院

钢管混凝土拱桥自 1990 年四川旺苍东河大桥建成以来,近几年在我国应用发展很快。福州大学从 1993 年开始钢管混凝土拱桥的设计、施工、监理与科研工作。先后在福建省设计了福清玉融大桥、安溪铭选大桥、福安群益大桥、闽清龙潭溪大桥、仙游兰溪大桥等钢管混凝土拱桥 8 座;承担了其中 3 座的监理和成桥静载测试工作;承担了福建省自然科学基金项目“钢管混凝土拱桥结构受力特性研究”、福建省科委“国道 316 线龙潭溪大跨度钢管混凝土拱桥试验研究”、福州市建委“福州解放大桥汽车荷载测试”、深圳市建委“深圳北站大桥拱墩固结点局部应力光弹性试验与有限元分析”等科研课题,在钢管混凝土拱桥在使用荷载作用下的结构受力性能、施工受力分析、面内极限承载力、面外稳定分析、温度应力等方面取得了可喜的成果。“钢管混凝土拱桥结构受力特性研究”获福建省 1998 年科技进步二等奖。这些成果都是集体智慧的结晶,倾注了福州大学结构工程学科桥梁研究方向全体教师的辛勤劳动与心血。

在上述应用与研究的基础上,本书作者收集了大量的资料,在交通土建高年级本科生和结构工程硕士研究生的有关课程中开始讲授钢管混凝土拱桥的应用与理论研究。由于目前尚无相应的介绍钢管混凝土拱桥的书籍,在多方鼓励与支持下,通过两年多的努力,对讲稿进行了充实与系统完善,完成了本书的编写。

全书共分八章。

第一章“钢管混凝土简介”,介绍了钢管混凝土结构的发展概况、钢管混凝土的基本性能与分类以及材料。

第二章“钢管混凝土基本计算理论”,对在我国目前影响较大的三个理论体系和相应的规程进行了对比性的介绍,有助于读者对钢管混凝土构件基本理论的理解和灵活应用。

第三章“钢管混凝土在拱桥中的应用与发展”,简要介绍了拱桥的发展历史、钢管混凝土在拱桥中应用的必然性与合理性和我国钢管混凝土拱桥的应用概况,并选取了有代表性的一些桥例进行较详细的介绍。在桥例选取中,尽量考虑到桥梁结构的类型、地域分布、设计单位、施工方法等,并且均选用已建好的桥梁为桥例。

第四章“钢管混凝土拱桥结构与构造”。钢管混凝土拱桥较之传统的圬工与钢筋混凝土拱桥,因其材料强度的提高与施工的方便,使其具有很强的表现能力,几乎涵盖了圬工拱桥、钢

钢筋混凝土拱桥和钢拱桥的所有桥型,而且还出现了像刚架系杆拱这类桥型。本章在上一章桥例介绍的基础上,试图从横向比较,从主拱圈构造、横向构造、桥面系、立柱吊杆与系杆等方面介绍钢管混凝土拱桥的构造,并且鉴于在钢管混凝土拱桥中无推力拱应用较多,所以另外开辟了一节介绍无推力拱,而无风撑拱和提篮拱则归入横向构造一节。所以这一章既介绍构造也介绍结构体系。

第五章“钢管混凝土拱桥结构受力特性分析”,集中地反映了福州大学等科研、生产单位在钢管混凝土拱桥方面的理论研究成果。有些成果还尚未在学术刊物上发表。这一章从结构的静力受力特性、面内承载力、面外承载力、温度特性、收缩、徐变问题以及结构动力特性方面介绍了钢管混凝土拱桥的受力特性。这些研究成果对于挖掘和合理利用钢管混凝土拱桥的受力特性,推动钢管混凝土拱桥的技术进步,具有积极的理论意义和现实意义。这一章还简要介绍了作者的导师郑振飞教授所领导的研究小组长期以来在拱桥研究方面所取得的成果。

第六章“钢管混凝土拱桥设计计算”在第五章的基础上,介绍了钢管混凝土拱桥设计计算方法中与其他拱桥不同的部分,并给出了一座下承式钢管混凝土刚架系杆桁肋拱的设计计算例作为参考。

第七章“钢管混凝土材料的制作与施工要求”,介绍了钢管的加工制作、钢管骨架的加工制作、防腐与涂装、管内混凝土的制备与浇注以及质量检验等施工问题。

第八章“钢管混凝土拱桥成桥施工技术”从介绍拱桥的施工方法入手,简要分析了各种施工方法与适用范围,并从中指出钢管混凝土应用于拱桥解决了拱桥向大跨度发展的施工问题。钢管混凝土拱桥施工方法实质上是劲性骨架方法和自架设方法。本章着重介绍了钢管骨架架设方法的两种主要方法:缆索吊装法和转体施工法,同时还介绍了施工过程的稳定性问题和施工加载程序问题。

作者在从事钢管混凝土拱桥的研究与本书的撰写过程中得到哈尔滨建筑大学钟善桐教授、韩林海教授、黄侨教授,中国建筑科学研究院蔡绍怀教授,广州市高速公路总公司张尚杰高工,福建省建筑设计研究院龚昌基高工,清华大学聂建国教授,交通部重庆公路研究所许晓锋高工,日本九州大学刘玉擎博士等专家与同行的帮助与鼓励;同济大学金成棣教授、郑州铁路局勘测设计院的乔景川高工、四川省公路勘测设计研究院的谢邦珠高工、南昌冶金设计研究院的程懋方高工、铁道部第一勘测设计院的季坤高工、深圳市市政设计院的陈宜言高工和李勇工程师、水利水电十二局金属结构厂林书植高工、江苏省交通工程总公司一公司瞿栋工程师等为本书提供了大量的照片与资料。作者对上述提及和未提及的在本书编写过程中给予大力支持与帮助的前辈、专家和同行表示衷心的感谢。

在本书编写的同时,作者有幸应广州市高速公路总公司的邀请参加了目前在建的跨径最大的钢管混凝土拱桥——主跨 360m 的广州市东南西环高速公路丫髻沙大桥专家组的工作;应交通部重庆公路研究所的邀请参加了交通部组织编写的《钢管混凝土拱桥施工规范》的编